

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-030893

(43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl.

H05H 1/11
H05H 1/46

(21)Application number : 10-200028

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 15.07.1998

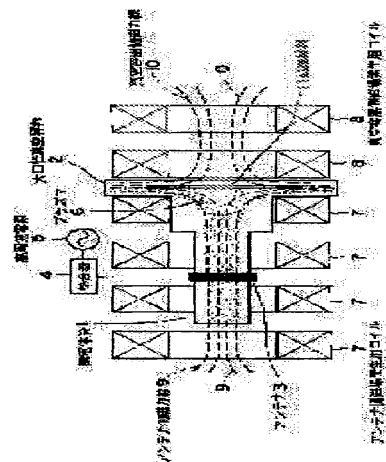
(72)Inventor : MIZUI JUNICHI
NODA SHOHEI
IKEDA TETSUYA
ABE TAKAO

(54) PLASMA GENERATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To generate plasma in a large area, to clarify the plasma boundary end face and to allow the position selection of a process material such as a substrate in a plasma generator exciting the wave motion of the helicon wave or slow wave propagating along the external magnetic field shown by the magnetic lines of force on the antenna side with an antenna.

SOLUTION: The second external magnetic field shown by the magnetic lines of force 10 of a magnetic field generating coil 8 on a vacuum container side is provided at a position apart from an antenna 3, and the magnetic lines of force 9 on the antenna side and the magnetic lines of force 10 on the vacuum container side are made opposite to each other in direction to form the cusp field. The magnetic lines of force 9 exist to a large radius at the boundary between both external magnetic fields formed by the opposing magnetic lines of force 9, 10, plasma is generated in a large area, and the plasma boundary end face can be clarified. Since the plasma boundary end face is made clear, a process material 11 such as a large-diameter substrate can be installed via position selection according to the aimed process on the inside or outside of the plasma end face.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

H 0 5 H 1/11
1/46H 0 5 H 1/11
1/46

A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平10-200028

(22) 出願日

平成10年7月15日 (1998.7.15)

(71) 出願人

000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者

水井 順一

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(72) 発明者

野田 松平

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(74) 代理人

100078499

弁理士 光石 俊郎 (外2名)

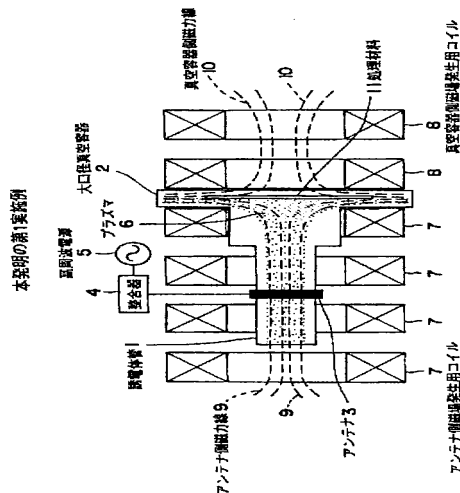
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ発生装置

(57) 【要約】

【課題】 アンテナ側磁力線9で示す外部磁場に沿って伝播するヘリコン波やスロー波等の波動をアンテナ3で励起するプラズマ発生装置において、プラズマ6を大面積化し、プラズマ境界端面を明確化し、基板等の処理材料11の位置選択を可能にすること。

【解決手段】 アンテナ3から離れた位置に真空容器側磁場発生用コイル8により磁力線10が示す第2の外部磁場を設け、アンテナ側磁力線9と真空容器側磁力線10の方向を逆にしてカスプ磁場を形成する。これにより、対向する磁力線9、10が作る両外部磁場の境界では大きな半径まで磁力線9が存在し、プラズマ6の大面積化と、そのプラズマ境界端面を明確にできる。また、プラズマ境界端面が明確なので、このプラズマ端面の内外に目的のプロセスに応じて大口径の基板等の処理材料11を位置選択して設置することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 外部磁場の磁力線に沿って伝播するヘリコン波やスロー波等の波動をアンテナで励起するプラズマ発生装置において、アンテナ側磁場と異なる第 2 の磁場を付加して、2 つの外部磁場の磁力線の方向が逆になって対向する磁力線配置（以下、カスプ磁場と称する）を形成する 2 種類の外部磁場発生手段を備えたことを特徴とするプラズマ発生装置。

【請求項 2】 前記 2 種類の外部磁場発生手段により発生する 2 種類の外部磁場の強度を相対的に調整する磁場強度調整手段を備えたこと特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ発生装置。

【請求項 3】 前記カスプ磁場の 2 つの磁場の境界付近に設置された高周波電力注入用電極を備えたこと特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ発生装置。

【請求項 4】 前記 2 種類の外部磁場発生において、アンテナ設定位置の磁場強度分布が一樣と変化する分布のうち、いずれか一方であることを特徴とする請求項 1 又は 2 又は 3 に記載のプラズマ発生装置。

【請求項 5】 前記 2 種類の外部磁場発生手段の少なくとも一方が電磁コイルと永久磁石のうち、いずれか一方であることを特徴とする請求項 1 又は 2 又は 3 に記載のプラズマ発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、成膜やエッチング等、プラズマを用いたプロセス処理に適用して有用なプラズマ発生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】プラズマ生成方法として、外部磁場の磁力線に沿って伝播する電磁波であるヘリコン波によってプラズマを生成する方法が、1970 年から論文(R.W.Boswell:Phys.Lett.33A,(1970)457)で発表され、公知である。

【0003】また、口径の大きい材料のプロセス処理のために、プラズマ直径を大きくする一つの方法として、アンテナ側磁場発生用コイルに比べて口径の大きい真空容器側磁場発生用コイルを用いる方法が、論文(A.J.Perry and R.W.Boswell:Appl.Phys.Lett.55(1989)148)で発表され、公知である。

【0004】図 7 に、ヘリコン波プラズマの口径を広げるための工夫をした従来装置の概念的構成の一例を示す。

【0005】図 7 において、ガラス管等の誘電体管 1 にこれよりも口径の大きい筒状の真空容器 16 が接続され、両者 1、16 は内空間が共通で中心軸も共通となるように構成されている。誘電体管 1 の外周にはループ状のアンテナ 3 が設置され、アンテナ 3 は整合器 4 を介して高周波電源 5 と接続されている。誘電体管 1 の外側には、更に、ソレノイド状のアンテナ側磁場発生用コイル

7 が複数個設置されている。また、真空容器 16 の外側には、アンテナ側磁場発生用コイル 7 より直径の大きなソレノイド状の真空容器側磁場発生用コイル 8 が複数個設置されている。

【0006】このようなプラズマ発生装置では、まず、誘電体管 1 と真空容器 16 内に、プロセス処理に応じたガスを目的に応じた圧力で充填する。次に、アンテナ側磁場発生用コイル 7 と真空容器側磁場発生用コイル 8 に電流を流す。その際、アンテナ 3 付近では装置の軸方向に均一なアンテナ側磁力線 9 が形成され、真空容器 16 内では真空容器側磁力線 10 が形成され、更に、アンテナ 3 側から真空容器 16 側に磁力線が連続的に広がるように、両コイル 7、8 に流れる電流を調整する。アンテナ側磁力線 9 及び真空容器側磁力線 10 の向きは、図 7 中で右向きでも左向きでも構わないが、同一方向とされる。次に、高周波電源 5 から整合器 4 を介してアンテナ 3 に高周波電力を印加する。

【0007】以上の操作により、アンテナ 3 から磁力線 9、10 に沿ってヘリコン波が励起され、この波動が伝播する領域にプラズマ 6 が発生する。

【0008】プラズマ 6 は半径方向へは磁力線 9 と磁力線 10 を横切っては広がりにくく、通常、誘電体管 1 と真空容器 16 の内壁までは達しない。一方、磁力線方向へは、真空容器 16 とは反対側の誘電体管 1 の端から、真空容器 16 内まで、プラズマ 6 が広がる。プラズマ 6 の磁力線方向への広がりは、充填するガス種と圧力により異なり、圧力が大きい程、広がりは小さい。

【0009】そして、適当に低いガス圧では、磁力線 9 と磁力線 10 との間の領域で磁力線が半径の大きい方向へやや延びているため、図示のように、真空容器 16 内でプラズマ 6 の口径が大きくなる。

【0010】このようにプラズマ 6 が発生する真空容器 16 内の軸上の適切な位置に、処理面が装置の軸に対し垂直となるように基板等の処理材料 11 を設置し、成膜やエッチング等のプラズマ 6 によるプロセス処理を行う。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】上述した従来のプラズマ発生装置には、以下に示す 3 つの課題がある。

【0012】第 1 課題：プラズマ 6 の最大直径は真空容器側磁場発生用コイル 8 の内径より小さい。従って、プラズマ 6 の口径を大きくするために真空容器 16 及び真空容器側磁場発生用コイル 8 の径を大きくすると、磁場発生に要する電力がコイル 8 の直径の 2 乗に比例して大きくなり、経済性やコンパクト性が低下する。

【0013】第 2 課題：磁力線方向へはプラズマ 6 の広がりを制限できない。従って、プロセス処理する基板等の処理材料 11 がプラズマ 6 に直接曝されたくないものである時も、処理材料 11 をプラズマ 6 内に設置せざるを得ない。即ち、プラズマ 6 内では、荷電粒子が波動か

らエネルギーを得て原料ガスを分解し、活性な中性の原子や分子を生成するが、プロセス処理はこの活性な中性原子や分子で行うのに対し、エネルギーを持った荷電粒子は害となることが多い。従って、プラズマ 6 に直接曝されなければならない必要がある時は、処理材料 11 へのプラズマ流入を抑制するための電圧を印加する等、他の手段が必要であるが、不十分であることが多い。

【0014】第3課題：真空容器側磁場発生用コイル 8 を大きくして大口径化したプラズマ 6 では、半径方向に離れるほど密度が低下する。従って、処理材料 11 が大きな基板等の場合は、処理材料 11 の表面上の中心と周辺ではプロセス処理速度が異なり、均一な処理ができない。この原因は、アンテナ 3 で励起される波動の電界が半径の大きい所で弱く、従って、この波動で生成されるプラズマ密度が半径の大きい所で低下するためである。

【0015】

【課題を解決するための手段】請求項 1 に係る発明は上記課題を解決するプラズマ発生装置であり、外部磁場の磁力線に沿って伝播するヘリコン波やスロー波等の波動をアンテナで励起するプラズマ発生装置において、アンテナ側磁場と異なる第 2 の磁場を付加して、カスプ磁場（2 つの外部磁場の磁力線の方向が逆になって対向する磁力線配置）を形成する 2 種類の外部磁場発生手段を備えたことを特徴とする。

【0016】また、請求項 2 に係る発明は、前記 2 種類の外部磁場発生手段により発生する 2 種類の外部磁場の強度を相対的に調整する磁場強度調整手段を備えたことを特徴とするプラズマ発生装置である。

【0017】また、請求項 3 に係る発明は、前記カスプ磁場の 2 つの磁場の境界付近に設置された高周波電力注入用電極を備えたことを特徴とするプラズマ発生装置である。

【0018】また、請求項 4 に係る発明は、前記 2 種類の外部磁場発生において、アンテナ側磁場強度分布が一緒でも、変化する場合でも、カスプ磁場を導入すると同様な効果があることを特徴とするプラズマ発生装置である。

【0019】また、請求項 5 に係る発明は、前記 2 種類の外部磁場発生手段の少なくとも一方が電磁コイルと永久磁石のうち、いずれか一方であることを特徴とするプラズマ発生装置である。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態例を、図 1 ～図 6 に基づいて説明する。図 1 は本発明の第 1 実施例に係るプラズマ発生装置の構成を示す。図 2 は本発明の第 2 実施例に係るプラズマ発生装置の構成を示し、図 3 は第 2 実施例における電子密度の半径依存性を示し、図 4 は第 2 実施例における電子密度のコイル電流依存性を示し、図 5 は第 2 実施例における電子密度の軸方向依存性を示す。図 6 は本発明の第 3 実施例に係るプラ

ズマ発生装置の構成を示す。

【0021】〔第 1 実施例〕図 1 に示すプラズマ発生装置は、ヘリコン波プラズマとして最も多く用いられているアンテナ側磁場強度分布が一様である装置構成に、本発明に基づいてカスプ磁場を付加したものである。

【0022】図 1 において、ガラス管等の誘電体管 1 に、従来の真空容器 16 よりも大口径部分を一部に有する筒状の真空容器 2 が接続され、誘電体管 1 と真空容器 2 は内空間が共通で、中心軸も共通となるように構成されている。誘電体管 1 の外周にはループ状のアンテナ 3 が設置され、アンテナ 3 は整合器 4 を介して高周波電源 5 と接続されている。そして、アンテナ側磁場発生用コイル 7 で軸方向の均一磁場を形成し、この軸上の中央位置にアンテナ 3 を設置すると、ヘリコン波は軸上の両側に伝播するが、真空容器側に伝播する一方の波動だけを利用する。

【0023】即ち、アンテナ側磁場発生用コイル 7 はアンテナ 3 の両側に 2 つずつ同軸上に配置され、アンテナ 3 直近の 2 つのアンテナ側磁場発生用コイル 7 は誘電体管 1 の外周に位置し、アンテナ 3 から遠い 2 つのアンテナ側磁場発生用コイル 7 のうち一方は誘電体管 1 の反真空容器側端部よりも離れて位置し、他方は真空容器 2 の大口径部よりも誘電体管側の外周に位置している。真空容器側磁場発生用コイル 8 はアンテナ側磁場発生用コイル 7 と直径が同等のものであり、真空容器 2 の大口径部よりも反誘電体管側の外周に配置されている。このようなアンテナ側磁場発生用コイル 7 と真空容器側磁場発生用コイル 8 に流す電流を、真空容器側磁場発生用コイル 7 で発生する磁力線 10 がアンテナ側磁場発生用コイル 7 で発生する磁力線 9 に対向する方向となるように設定してある。

【0024】真空容器側磁場発生用コイル 8 で発生する磁力線 10 をアンテナ側磁力線 9 に対向する方向とすると、図 1 に示すように、両コイル 7、8 間の領域では磁力線 9、10 が半径方向を向いてカスプ磁場（両磁場の磁力線の方向が逆になって対向する磁力線配置）が形成され、大きい半径に渡って磁力線 9、10 が存在する。この領域内に、真空容器 2 の大口径部を位置させてある。

【0025】このようなカスプ磁場の採用により、磁力線 9、10 の方向を軸方向から半径方向に曲げると共に、磁場発生用コイル 7、8 よりも半径の大きい所まで磁力線 9、10 を広げることで、波動とプラズマを半径方向に導いて大口径のプラズマ 6 を生成することができる。つまり、プラズマ 6 はコイル 7、8 の直径と同等以上に大面積化された形状で生成される。しかも、磁力線 9、10 を横切って波動とプラズマは広がらないので、プラズマ 6 はアンテナ側磁力線 9 のの上のみで発生し、アンテナ側磁力線 9 とは異なる磁力線である真空容器側磁力線 10 上へはプラズマ 6 が広がらず、両者の境界面は

シャープなプラズマ境界面となる。但し、ガス圧が大きいプラズマでは粒子間衝突の効果が勝り、この境界面から散乱する現象も見られる。

【0026】以上の如く、アンテナ側磁力線9で示す外部磁場に沿って伝播するヘリコン波やスロー波等の波動を高周波アンテナ3で励起するプラズマ発生装置において、アンテナ3から離れた位置に、真空容器側磁場発生用コイル8により磁力線10が示す第2の外部磁場を設け、両磁場の磁力線9、10の方向を逆にしてカスプ磁場とすることにより、対向する磁力線9、10が作る両磁場境界では大きな半径までアンテナ側磁力線9が存在し、プラズマ6の面積化と、そのプラズマ境界端面を明確にできる。また、このプラズマ6端面の内外に目的のプロセスに応じて大口径の基板等の処理材料11を位置選択して設置することができる。更に、従来装置よりコンパクトで、同じ大きな口径のプラズマに対しては小さい直径の磁場発生用コイル7、8で装置が動作でき、これらのコイル用電源の容量も小さくなり、経済的である。

【0027】〔第2実施例〕図2に示すプラズマ発生装置は、アンテナ側磁場発生用コイル7をアンテナ3の片側だけに配置してアンテナ3の位置では磁場強度分布が変化しているプラズマ発生装置に、カスプ磁場を付加したものである。

【0028】図2においても、ガラス管等の誘電体管1に、従来の真空容器16よりも大口径部分を一部に有する筒状の真空容器2が接続され、両者1、2は内空間が共通で、中心軸も共通となるように構成されている。誘電体管1の外周にはループ状のアンテナ3が設置され、アンテナ3は整合器4を介して高周波電源5と接続されている。そして、アンテナ側磁場発生用コイル7はアンテナ3よりも真空容器側に2つ同軸上に配置され、アンテナ3直近のアンテナ側磁場発生用コイル7は誘電体管1の外周に位置し、アンテナ3から遠いアンテナ側磁場発生用コイル7は真空容器2の大口径部よりも誘電体管側の外周に位置している。真空容器側磁場発生用コイル8はアンテナ側磁場発生用コイル7と同じ径であり、真空容器2の大口径部よりも反誘電体管側の外周に配置されている。

【0029】このようなアンテナ側磁場発生用コイル7と真空容器側磁場発生用コイル8に流す電流を、真空容器側磁場発生用コイル8で発生する磁力線10がアンテナ側磁場発生用コイル7で発生する磁力線9に対向する方向となるように設定してある。

【0030】従って、図2においては、アンテナ3に対してアンテナ側磁場発生用コイル7が無い側ではプラズマ発光が弱く、誘導体管1の端部まではプラズマ6が到達していない。

【0031】更に、この例では、磁場強度調整手段12を設けてある。具体的には、磁場強度調整手段12でア

ンテナ側磁場発生用コイル7に流す電流と真空容器側磁場発生用コイル8に流す電流を調整することにより、アンテナ側磁場発生用コイル7が形成する外部磁場と真空容器側磁場発生用コイル8が形成する外部磁場との強度比を変えることができるようにしてある。

【0032】図3に、図2に示す例でアンテナ3から真空容器側に300mm離れた位置での電子密度の半径方向分布を計測した結果を示す。

【0033】図3において、従来と同様に真空容器側磁場発生用コイル8をアンテナ側磁場発生用コイル7と同方向磁場とした場合、軸上の典型的な磁場強度550 Gauss、水素ガス30mTorr、2KW27MHzの高周波電力注入においては、 $3 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ の電子密度であり、アンテナ3の直径50mmとほぼ同じプラズマ直径である。

【0034】一方、真空容器側磁場発生用コイル8で発生する外部磁場をアンテナ磁場発生用コイル7による外部磁場と反対方向にしたカスプ磁場（軸上の最大磁場強度 $\pm 550 \text{ Gauss}$ ）の場合では、真空容器2の口径等使用した装置の条件で決まる直径120mmまで $2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ の電子密度が観測された。更に大きな直径の真空容器とすれば、密度は低下傾向があるものの、プラズマ直径は大きくなることが予想できる。

【0035】次に、図4に、カスプ磁場を形成するアンテナ側磁場発生用コイル7と真空容器側磁場発生用コイル8の電流値を変えた場合と、電流値が同一の場合とを比較して、電子密度のコイル電流比依存性を示す。アンテナ及び高周波電力条件、並びに、ガス条件は図3と同じであるが、真空容器側磁場発生用コイル8に流す電流値を少し小さくすると、半径 $\pm 30 \text{ mm}$ の位置での電子密度が中心よりも大きくなり、電子密度の半径方向分布が均一化できた。

【0036】次に、図5に、アンテナ側磁場発生用コイル7と真空容器側磁場発生用コイル8が発生する2つの外部磁場が同方向の場合の電子密度の装置軸方向（Z軸距離）分布と、カスプ磁場の場合の電子密度の装置軸方向（Z軸距離）分布を比較して示す。図5では、電子温度の変化を補正していないので計測値であるイオン飽和電流を直接示すが、電子温度は4~7eVと変化が小さいので、イオン飽和電流の値がほぼ電子密度分布を示すことはプラズマ物理等のテキストで明らかである。

【0037】図5より、カスプ磁場の境界はアンテナ3から300mm（Z=300mm）の位置であり、この位置でプラズマ6の電子密度は急激に低下している。肉眼で観察したプラズマ発光強度は、この境界面を境にアンテナ側は強い発光が見られるが、反対側は殆ど発光していない。従って、基板等の処理材料11を大口径のプラズマ6から離したり、近づけたりして、適切な位置を選択することが可能である。

【0038】以上のように、アンテナ側磁力線9で示す外部磁場に沿って伝播するヘリコン波やスロー波等の波

動を高周波アンテナ 3 で励起するプラズマ発生装置において、カスプ磁場を形成するアンテナ側磁場発生用コイル 7 による外部磁場と真空容器側磁場発生用コイル 8 による外部磁場の強度比を変えることにより、プラズマ 6 の軸方向の空間位置、プラズマ端面の軸方向の空間位置、及び、プラズマ分布密度を調整できる。従って、基板等の処理材料 11 を真空容器 2 内に固定したままの状態でも、両外部磁場の強度比を変えることにより、必要に応じてプラズマ 6 との相対位置を変化することができる。

【0039】〔第 3 実施例〕図 6 に示すプラズマ発生装置は、図 2 の例におけるカスプ磁場の半径の大きい位置に高周波注入用電極としてリング状電極 13 を付加し、第 2 整合器 14 と第 2 高周波電源 15 により、リング状電極 13 から高周波電力を注入して、プラズマ 6 の半径が大きい領域でプラズマを追加発生させるものである。この場合、プラズマ 6 の形状は一般に直径の大きな円盤型であるため、この形状にマッチする電力注入法としては、アンテナ 3 等の誘導結合ではインピーダンスが大きくなるので、インピーダンスが小さい 2 枚の薄いリング状電極 13 による容量結合方式を採用し、カスプ磁場の半径より大きい領域にリング状電極 13 を配置して高周波電力を追加注入している。

【0040】図 2 の例では、図 3、図 4 いずれの結果でも直径 80 mm 以上では電子密度が低下していたが、リング状電極 13 で高周波電力を追加注入することにより、更に大きい直径までプラズマ密度を均一化できる。

【0041】以上のように、アンテナ側磁力線 9 で示す外部磁場に沿って伝播するヘリコン波やスロー波等の波動を高周波アンテナ 3 で励起するプラズマ発生装置において、真空容器側磁場発生用コイル 8 により磁力線 10 が示す第 2 の外部磁場を設け、両磁場の磁力線 9、10 の方向を逆にしてカスプ磁場とし、このカスプ磁場の対向する 2 つの磁力線 9、10 が同方向となる半径の大きい領域に、高周波電力注入用電極 13 を付加して高周波電力を追加注入することにより、大面積化したプラズマ 6 の周辺密度が向上し、プラズマ密度の均一化が可能となる。

【0042】上記各実施例では、2 種類の外部磁場とともに電磁コイルを用いて発生させているが、両方の外部磁場とともに永久磁石を用いて発生させても良く、あるいは、一方の外部磁場は電磁コイルを用いて、他方の外部磁場は永久磁石を用いて発生させても良い。

【0043】永久磁石のみを用いて 2 つの外部磁場を発生させる場合には、電磁遮蔽具等を適宜用いることにより両外部磁場の強度比を変えることができる。

【0044】更に、磁力線に沿って伝播する波には、ヘリコン波だけでなくスロー波等の他の波動もあり、アンテナの領域で磁場強度分布が一様に変化するかどうかという、プラズマ生成法の異なるタイプにも本発明を同様に適用

することが可能である。

【0045】つまり、図 6 に示した第 3 実施例では、磁力線 9 に沿って伝播する波動を励起する高周波アンテナ 3 の領域で磁場強度分布が変化するプラズマ発生装置において、カスプ磁場を形成し、カスプ磁場の 2 つの磁場の境界付近に高周波注入用電極としてリング状電極 13 を付加したが、これに限るものではない。

【0046】例えば、図 1 に示したように磁力線 9 に沿って伝播する波動を励起する高周波アンテナ 3 の領域で磁場強度分布が一様であるプラズマ発生装置においてカスプ磁場を形成し、且つ、このカスプ磁場の境界付近に、図 6 に示したようにリング状電極 13 等の高周波注入用電極を付加することにより、大面積化したプラズマ 6 の周辺密度が向上し、プラズマ密度の均一化が可能となる。

【0047】

【発明の効果】本発明のプラズマ発生装置によれば、以下の効果がある。

【0048】請求項 1 に係るプラズマ発生装置によれば、外部磁場の磁力線に沿って伝播するヘリコン波やスロー波等の波動をアンテナで励起するプラズマ発生装置において、アンテナ側磁場と異なる第 2 の磁場を付加して、カスプ磁場（2 つの外部磁場の磁力線の方向が逆になって対向する磁力線配置）を形成する 2 種類の外部磁場発生手段を備えるので、カスプ磁場を形成する電磁コイル等の 2 種類の磁場発生手段の間で半径方向に大きく磁力線が広がり、この磁力線に沿ってプラズマが広がることによりコイル直径等、磁場発生手段よりも大きな大面積のプラズマを形成することができる。従って、経済的にコンパクトなプラズマ発生装置が得られる。

【0049】また、カスプ磁場を形成する 2 種類の磁場発生手段の間では、装置の中心軸に垂直な半径方向に磁力線が向いていること、及び、プラズマは磁力線を横切って広がらない性質があることにより、カスプ磁場の対向する面にはシャープなプラズマ境界が形成される。従って、この境界のアンテナとは反対側に基板等の処理材料を置くと、プラズマには直接曝されないが、プラズマに近接しているので活性な中性原子や分子は処理材料に到達するので、エネルギーを持った害となる荷電粒子に曝されることなく、所望の処理を行うことができる。

【0050】請求項 2 に係るプラズマ発生装置によれば、2 種類の外部磁場発生手段により発生する 2 種類の外部磁場の強度を相対的に調整する磁場強度調整手段を備えるので、基板等の処理材料の位置を固定したままでも、プラズマの位置を調整することができ、プラズマに曝したり、曝されない等、条件の変更が可能である。

【0051】請求項 3 に係るプラズマ発生装置によれば、カスプ磁場の 2 つの磁場の境界付近に設置された高周波電力注入用電極を備えるので、プラズマ密度が低下する傾向がある半径の大きい位置で、電極からの高周波

電力注入よりプラズマが生成して不足分を補い、周辺部のプラズマ密度が増加してプラズマ密度が均一化する。従って、大きい処理材料でもプラズマ処理を行うことができる。

【0052】請求項4に係るプラズマ発生装置によれば、2つの外部磁場において、アンテナ側磁場強度分布が一様なヘリコン波プラズマとして最も多く用いられている装置以外に、アンテナ側磁場強度分布が変化する場合でも、上記と同様な効果がある。

【0053】請求項5に係るプラズマ発生装置によれば、2種類の外部磁場発生手段の少なくとも一方が電磁コイルと永久磁石のうち、いずれか一方であれば良く、磁場発生手段が電磁コイルだけでなく、永久磁石を使用する場合でも、上記と同様の効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係るプラズマ発生装置の構成を示す図。

【図2】本発明の第2実施例に係るプラズマ発生装置の構成を示す図。

【図3】本発明の第2実施例における電子密度の半径依存性を示す図。

【図4】本発明の第2実施例における電子密度のコイル電流依存性を示す図。

【図5】本発明の第2実施例における電子密度の軸方向依存性を示す図。

【図6】本発明の第3実施例に係るプラズマ発生装置の構成を示す図。

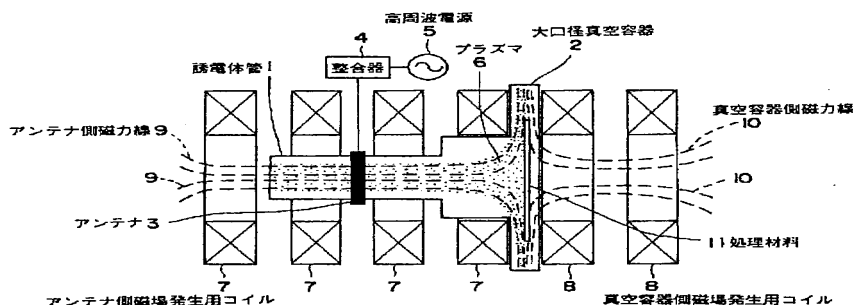
【図7】従来のプラズマ発生装置の一例を示す概略構成図。

【符号の説明】

- 1 誘電体管
- 2 真空容器
- 3 アンテナ
- 4 整合器
- 5 高周波電源
- 6 プラズマ
- 7 アンテナ側磁場発生用コイル
- 8 真空容器側磁場発生用コイル
- 9 アンテナ側磁力線
- 10 真空容器側磁力線
- 11 処理材料
- 12 磁場強度比調整手段
- 13 リング状電極
- 14 第2整合器
- 15 第2高周波電源

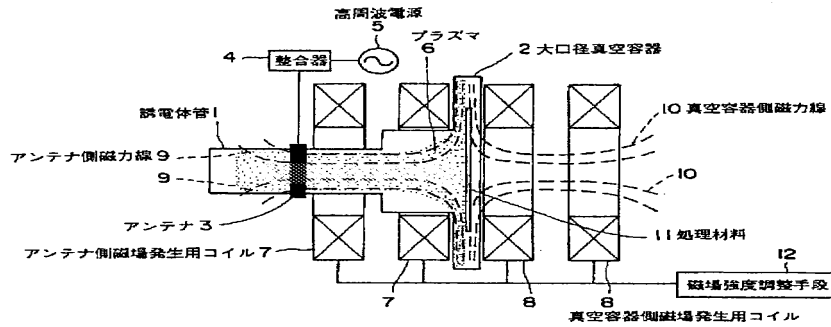
【図1】

本発明の第1実施例



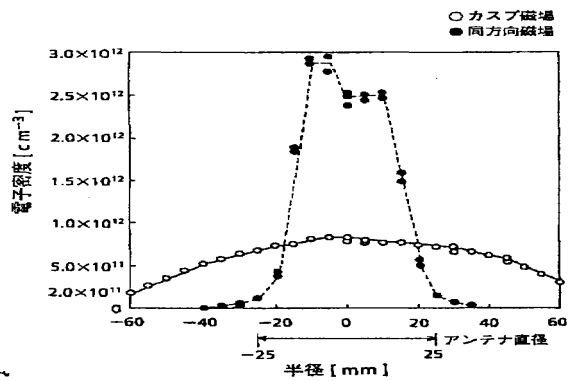
【図 2】

本発明の第2実施例



【図 3】

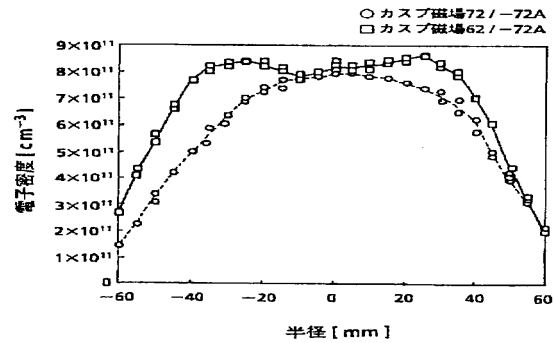
第2実施例での電子密度の半径方向依存性



水素ガス 30mTorr、2kW 27MHz 高周波電力、アンテナ下流 300mm での観測例。両者共、磁場強度の典型値は 550Gauss。

【図 4】

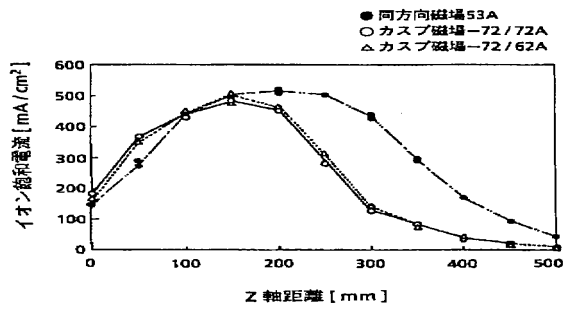
第2実施例での電子密度のコイル電流比依存性



真空容器側コイル電流-72Aに対してアンテナ側コイル電流を72Aとした場合と62Aとした場合の比較。
水素ガス 30mTorr、2 kW 27MHz 高周波電力、アンテナ下流300mm での観測例。

【図 5】

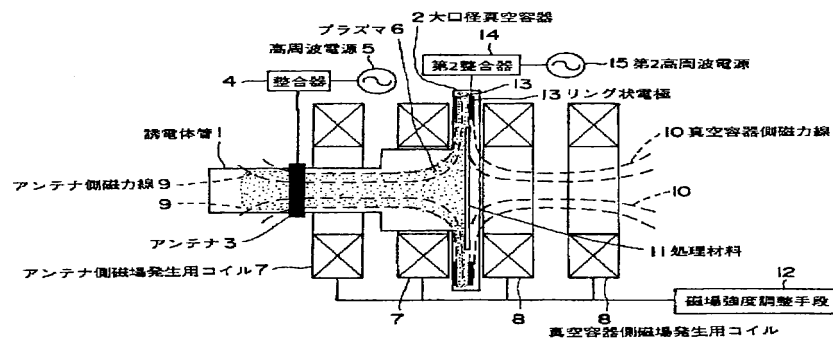
第2実施例での電子密度の軸方向依存性



水素ガス 30mTorr、2 kW 27MHz 高周波電力での観測例。

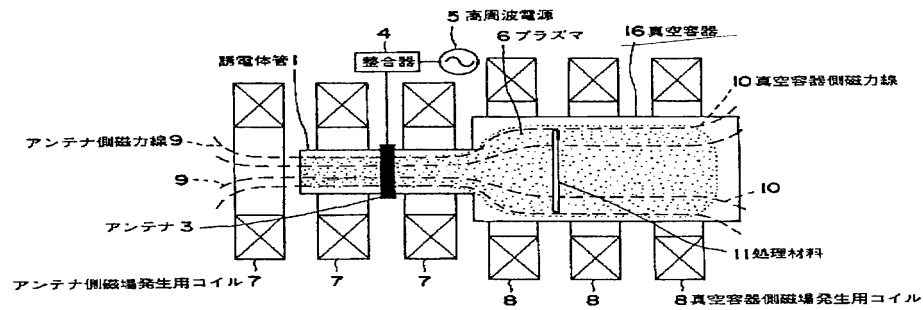
【図 6】

本発明の第3実施例



【図 7】

従来のプラズマ発生装置



フロントページの続き

(72) 発明者 池田 哲哉
 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目 8 番地 1
 三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(72) 発明者 阿部 隆夫
 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目 8 番地 1
 三菱重工業株式会社基盤技術研究所内